

Universidad Complutense de Madrid  
Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera



## **Planetario UCM**

Trabajo académicamente dirigido

**Raúl Cacho Martínez**

Bajo la dirección de los profesores  
Jaime Zamorano, Nicolás Cardiel y Jesús Gallego

Curso 2007-2008

# INDICE

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Planetario.
4. Panel informativo.
5. Resultados y conclusiones.
6. Trabajo futuro.
7. Apéndice I.
8. Referencias
9. Agradecimientos

## 1. Introducción.

Desde hace tiempo se desea dotar al Departamento de un pequeño planetario. La utilidad de un planetario para la docencia y divulgación es la de poder mostrar el cielo en tiempo real. La situación de la facultad no permite la observación del cielo nocturno, debido a la contaminación lumínica.

2009 es el Año Internacional de la Astronomía (<http://www.iaa.es/IYA09>) y el departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera desea participar con sus propias actividades y contribuir a la difusión de la astronomía. Un planetario puede servir para llevar a cabo actividades donde se de a conocer el cielo visile desde la facultad, dónde se sitúan los objetos más relevantes, etc.

Existen planetarios comerciales que cubren estas expectativas, pero su coste no lo puede asumir el departamento. Por ejemplo, el sistema que podemos encontrar en <http://www.e-planetarium.com> puede llegar a costar cerca de 30.000\$, fuera del alcance del presupuesto del departamento, que tiene otras prioridades.

Además se ha pensado colocar en un lugar público un panel informativo, donde se podrán publicar las últimas noticias relacionadas con el ámbito de la astronomía y meteorología, noticias del departamento, etcétera; de una manera personalizable de forma sencilla.

Por todo ello se propuso este trabajo, con el que se pretende diseñar y construir un planetario con materiales baratos y fácilmente accesibles a cualquiera. El trabajo se divide en dos partes, una consistente en la construcción del planetario y la otra en la preparación del panel.

El planetario irá colocado en la escalera de la sala entre cúpulas, por lo que habrá que adaptar el diseño al lugar y permitir el paso de personas. Para el diseño del planetario nos basaremos en el diseño de algunos aficionados que se han construido sus propios planetarios caseros, como los que podemos encontrar en las siguientes direcciones de internet:

<http://rickyspears.com/blog/2007/07/how-to-build-a-home-planetarium-with-cardboard/>

[http://simplydifferently.org/Geodesic\\_Dome\\_Notes?page=1](http://simplydifferently.org/Geodesic_Dome_Notes?page=1)

<http://pedaleando.blogspot.com/2007/11/ms-all-de-la-cpula-del-trueno.html>

La segunda parte consiste en el diseño y montaje de un panel de noticias relacionadas con la astrofísica y ciencias derivadas. Este panel se proyectará en la pared entre la 3ª y 4ª plantas del módulo central de la facultad.

## **2. Objetivos.**

### **2.1. Planetario**

- Buscar una ubicación óptima del planetario. La ubicación del planetario no debe significar un estorbo para el personal ni el material ya presente.
- Diseñar una cúpula adaptada a las dimensiones del lugar donde irá ubicado. Este diseño deberá ser sencillo de realizar y no debe perjudicar el uso normal de las instalaciones anexas.
- Diseñar un sistema de proyección óptimo para la cúpula. El sistema consistirá en un proyector cuyo haz se reflejará en un espejo esférico que mandará la luz a la cúpula.
- Optimizar los materiales de construcción, en base a parámetros como calidad, economía, duración, facilidad de trabajo...
- Construir la cúpula en base al diseño elegido y modificar el diseño en base a la experiencia del montaje.
- Construir el sistema de proyección y optimizar los parámetros de configuración para mejorar la visualización.

### **2.2 Panel informativo**

- Buscar una ubicación adecuada para la colocación del panel.
- Diseñar un panel informativo sobre el que publicar noticias, eventos, imágenes astronómicas y datos de interés relacionados con la astronomía y ciencias de la atmósfera.
- Diseñar un sistema de proyección del panel, que consistirá en un proyector y, si es necesario, un espejo para poder aumentar la distancia entre el proyector y la pantalla.
- Montar el panel y ponerlo en marcha.

### **3. Planetario.**

#### **3.1 Descripción:**

El planetario consiste en una cúpula cuasiesférica sobre la que se proyectará la imagen de un programa planetario (Stellarium) tras reflejarse en un espejo esférico. Las distorsiones producidas sobre la imagen en cada uno de los elementos del planetario, quedarán compensadas entre sí para ofrecer una imagen nítida, bien enfocada y fiel a la realidad sobre la cúpula.

#### **3.2 Materiales:**

Los materiales necesarios para la construcción del planetario serán los siguientes:

- Proyector: un proyector corriente es suficiente para llevar a cabo el proyecto, puesto que las distorsiones se introducirán por software. Sin embargo, si el proyector permite ajustes, habrá más posibilidades de calibrar la imagen sobre la cúpula para obtener una mejor calidad.
- Un ordenador. Los requisitos del programa Stellarium no son elevados, e incluso puede ejecutarse bajo cualquier Sistema Operativo.
- Programa Stellarium. Se ha elegido este software porque es Open Source, sencillo de utilizar, tiene pocos requisitos mínimos, puede ejecutarse en cualquier sistema operativo y, principalmente, porque permite distorsionar la imagen para adaptarla a un planetario como el que queremos construir.
- Cartón pluma, para la construcción de la cúpula, puesto que es un material resistente pero ligero, a fin de que el peso de la cúpula sea lo menor posible y mantenga la forma deseada.
- Cinta adhesiva, para la unión de las piezas que compondrán la cúpula. Tiene que ser suficientemente adherente.
- Estanterías, sobre las que se soportará la cúpula.

#### **3.3 Utilidades de un planetario:**

Un planetario es una herramienta útil y divertida en astronomía. Pocas personas relacionadas con esta ciencia no han visitado nunca un planetario y disfrutado de una sesión de proyección.

El planetario puede utilizarse para explicar la mecánica celeste, conceptos de astronomía de posición, enseñar a localizar objetos, constelaciones, historia de la astronomía, etc.

También puede servir como punto de parada en las visitas a la facultad por la semana de la ciencia, visitantes del departamento y cualquier persona que quiera conocer algo más de nuestra facultad.

Otra posibilidad es la de mostrar el cielo visible desde la facultad, simulación de eclipses, tanto solares como lunares, lluvias de estrellas, conjunciones planetarias y otros eventos astronómicos.

### 3.4 Situación.

Para su situación, se pensó en la escalera de acceso de la 3ª a la 4ª planta. La idea se desechó, porque el tamaño de la cúpula que se podía albergar no era sensiblemente superior al tamaño que podía tener la cúpula en otros lugares, y los elementos estaban demasiado al alcance de la mano de personas ajenas.

Otro lugar posible era la terraza Oeste, pero fue descartado porque el sistema estaría demasiado sometido a las condiciones meteorológicas y las inclemencias del tiempo, y el material utilizado no es suficientemente resistente para soportarlo.

Las cúpulas de los telescopios tienen la forma semiesférica necesaria para el planetario, pero los telescopios interceptarían el haz de luz y se proyectaría demasiada sombra, por lo que la opción se desestimó. Además, esta opción introduce más sistemas dentro de las cúpulas que ya de por sí están bastante ocupadas aparte de que es preferible disponer de una ubicación que permita a la vez utilizar las cúpulas y el planetario de cara a posibles visitas guiadas.

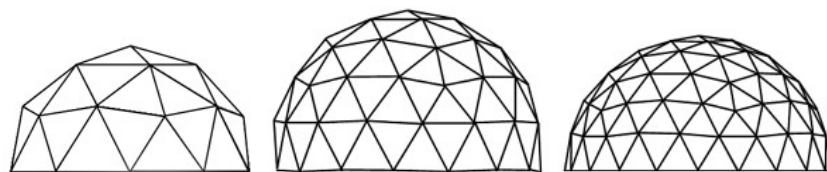
Finalmente, se ha elegido colocarlo en la escalera de acceso a la sala entre cúpulas. Así el planetario y sus elementos estarán protegidos, y su operación sea ejecutada por gente autorizada y de confianza del departamento.

### 3.5 Diseño:

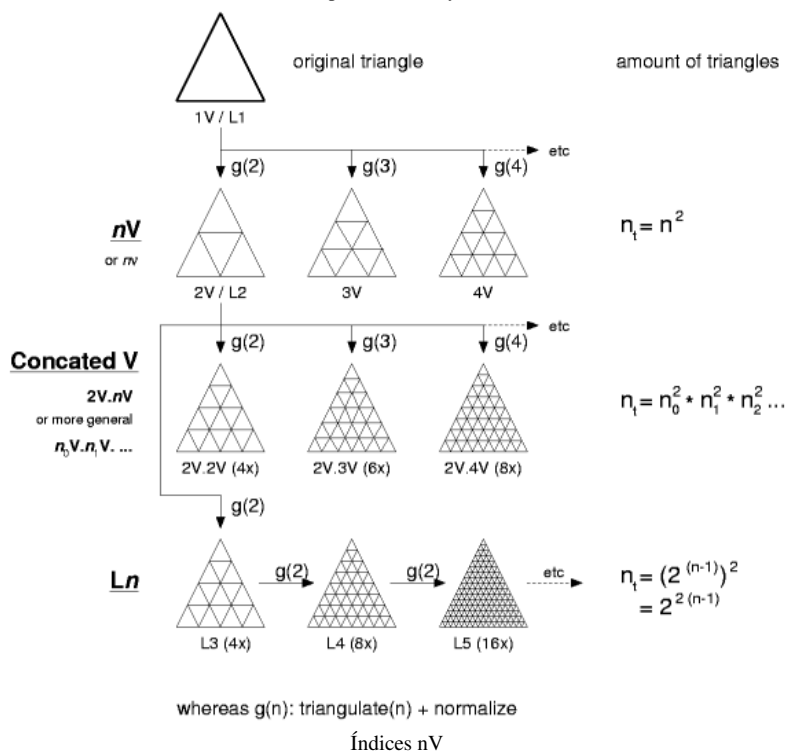
Se barajaron diferentes diseños para la cúpula. Realizar una cúpula perfectamente semiesférica es demasiado complejo y caro, por lo que se consideró el realizar una aproximación. Se propusieron varios diseños, todos ellos basados en cúpulas geodésicas arquitectónicas que son aproximaciones a una semiesfera., similares a las que hacía Richard Buckminster Fuller en sus diseños arquitectónicos.

Richard Buckminster Fuller fue un ingeniero e inventor del siglo XX, famoso por sus cúpulas geodésicas y sus inventos de cierta extravagancia para la época. Las cúpulas que diseñó están basadas en dos conceptos, la *tensegridad* (integridad tensional) y el que él acuñó como *Dymaxion* (Dynamic Maximum Tension), consistentes en la estabilidad por equilibrio entre fuerzas de tensión y compresión y en obtener el máximo de cada material.

Las cúpulas geodésicas se construyen a partir de un icosaedro. Un icosaedro es, en sí mismo una cúpula de tipo 1V. Los triángulos del icosaedro pueden dividirse en triángulos más pequeños, dando lugar a nuevos tipos de cúpulas, denominadas nV, donde  $n^2$  es el número de nuevos triángulos en los que se dividen los triángulos del icosaedro. La cúpula que vamos a construir es de tipo 3V.



Cúpulas 2V, 3V y 4V



Una cúpula con mayor índice  $n$  se acercará más a una semiesfera (que es una geodésica en la que  $n$  tiende a infinito). Pero también aumenta la dificultad de su construcción. Un índice  $n=3$  es el mejor compromiso entre precisión y simplicidad para nuestros propósitos, como vamos a ver a continuación.

Podemos utilizar dos parámetros para ver cuál es la desviación de la semiesfera que conseguimos. Estos dos parámetros son el error Pico-Valle (PV) y el error cuadrático medio (RMS).

El error PV es la diferencia entre los puntos más alejados de la línea ideal. Este error no depende de dónde tomemos la línea de referencia, pero nos da una idea de la irregularidad de la superficie.

El error RMS se define como:

$$f_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

siendo  $f(t)$  la diferencia entre la superficie real y la ideal y  $T_1$  y  $T_2$  los límites de integración.

Como referencia vamos a utilizar una esfera circunscrita a la cúpula de 1,32 m de radio. Pero vamos a simplificar los cálculos calculando la diferencia entre un semicírculo máximo de la esfera y el corte con la cúpula del plano que define ese círculo máximo. Esta aproximación nos dará una cota máxima del error cometido al aproximar la semiesfera por una cúpula geodésica.

Los errores PV y RMS son independientes. Un error PV bajo no garantiza un RMS bajo, ni viceversa. Sin embargo, si la superficie es suficientemente regular podemos quedarnos con el error PV. Podemos considerar que nuestra cúpula es suficientemente regular. Si imaginamos una circunferencia circunscrita, todos los puntos de la cúpula se encuentran dentro de la esfera, por lo que el error RMS será inferior al PV. En la siguiente tabla presentamos los errores PV de las cúpulas 2V, 3V y 4V:

Tipo	PV (m)
2V	0,034
3V	0,017
4V	0,012

Como se puede observar, la diferencia entre la construcción 3V y la 4V es de sólo 5mm, por lo que no merece la pena el esfuerzo extra y el aumento en la dificultad de construcción. Una cúpula 2V no es más sencilla de construir que una 3V, y el error es el doble, por lo que no está justificada la construcción de una 2V.

De modo anecdótico, señalar que estos principios en los que hemos basado la construcción de la cúpula son los mismos que se emplean en la construcción de espejos de telescopio, aunque, por supuesto, la forma de medirlos es diferente.

### 3.6 Realización:

#### 3.6.1 Medidas

En primer lugar, se tomaron medidas del hueco de la escalera. Las medidas de este lugar son 2,64 x 2,55 x 3,20 m, lo que nos va a permitir diseñar una cúpula de 1,32m de radio. Todos los datos que demos a continuación servirán para construir una cúpula de este tamaño. Para construir una cúpula 3V de otro tamaño, se puede llegar a las medidas adecuadas con una simple regla de tres, puesto que la relación entre las dimensiones de los polígonos y el radio de la cúpula es lineal.





Lugar donde va a ir alojada la cúpula

Se hicieron varios modelos simplificados a escala para comprobar la dificultad de construcción de la cúpula y encontrar una relación entre el diámetro de la cúpula y el lado de los polígonos. El modelo simplificado elimina los triángulos y basa la construcción en pentágonos y hexágonos.

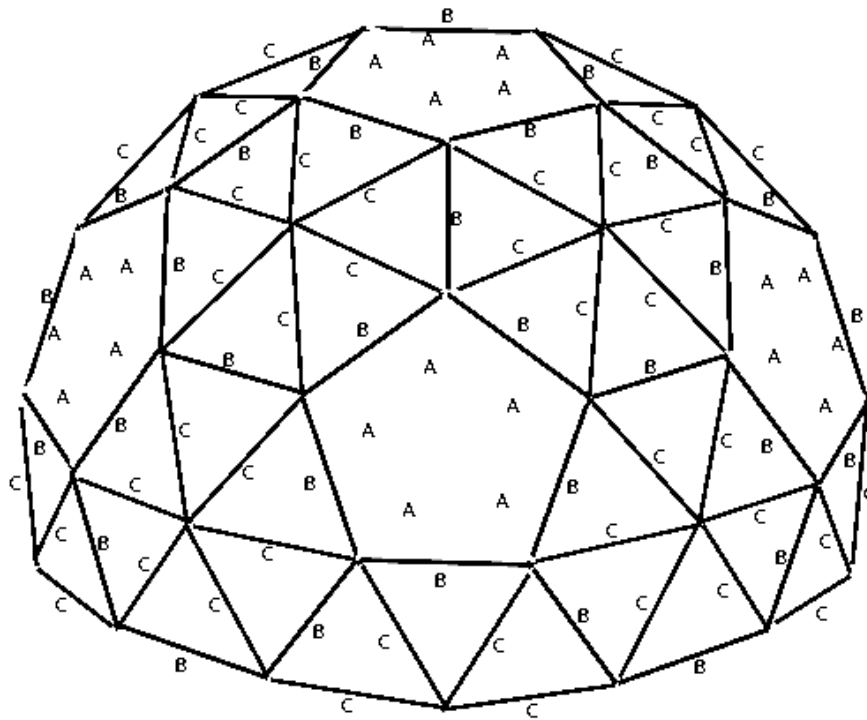
- La dificultad resultó ser escasa, puesto que se empleó poco tiempo en realizar los modelos (unos 10 minutos por cada uno). Teniendo en cuenta la diferencia de tamaño y diferencia en la facilidad de trabajo del material, se estima un trabajo de unas 10 horas para llevar a cabo la construcción de la cúpula, siendo generosos y teniendo en cuenta posibles imprevistos.
- Se encontró una relación entre el diámetro de la cúpula y el lado de los polígonos de 5. El ancho de la escalera es de 2,64m, lo que da un lado de los polígonos de 58,7 cm.

Estos datos son para la construcción con pentágonos y hexágonos, pero la transformación a triángulos es sencilla, simplemente transformando los polígonos en pirámides, de tal manera que el vértice pertenezca a la esfera que circunscribe a la cúpula. Así, necesitaremos:

- 30 triángulos de 53 cm de base y 37,5 cm de altura, para construir 6 pirámides pentagonales.
- 75 triángulos de 53 cm de base y 47,5 cm de altura, para construir 10 pirámides hexagonales y 5 medias pirámides hexagonales.

Estas medidas obtenidas coinciden con las que nos ofrecen las calculadoras de cúpulas geodésicas, como la que podemos encontrar en el sitio web <http://www.desertdomes.com/>

Una simulación de la cúpula a construir es:



Teniendo en cuenta los escalones, la cúpula deja una altura libre al suelo de 1,75m, claramente insuficiente para permitir un paso cómodo, por lo que se recortarán 15 cm de la parte inferior de la cúpula. Estos 15 cm no nos alejarán en exceso de la semiesfera.

El cartón pluma puede encontrarse en diversas medidas. Una de ellas es 1000x1400mm. El aprovechamiento de estas planchas es máximo. Los triángulos tienen alturas de 43 y 47 cm, por lo que el sobrante es mínimo. Interesa que la plancha sea lo más larga posible para poder aprovecharlo aun mas, puesto que cuanto más larga sea la plancha, más triángulos completos podrán sacarse.

El número de triángulos obtenidos será superior, pero se cortarán todos los triángulos para elegir después los que mejor estén y disponer de piezas de repuesto para la cúpula

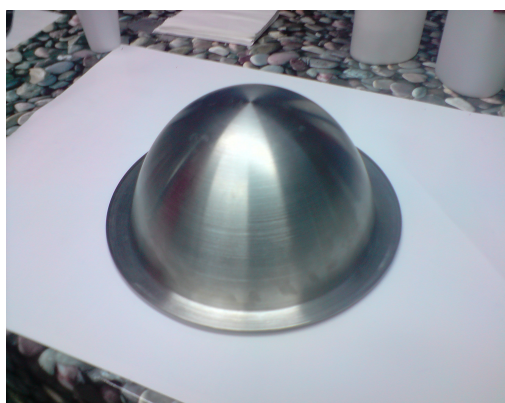
### 3.6.2 Espejo

El ideal es un trozo de espejo esférico, puesto que la distorsión que vamos a generar es esférica. Sin embargo, el radio de curvatura es pequeño, y estos espejos son muy difíciles de encontrar.

Aprovechando conocimientos sobre el tallado de ópticas, se planteó la posibilidad de construir el espejo, pero el tamaño de los vidrios necesarios es elevado, lo que dispara su precio, aparte de la laboriosidad del proceso y el coste de los materiales necesarios (abrasivos, compuestos para el plateado...)

Otra opción es utilizar un recipiente de vidrio con forma esférica y darle una capa metálica reflectante. Conocemos una técnica de plateado de superficies ópticas que podría servir, pero la plata se oxida y ensucia fácilmente, sobre todo en una atmósfera polucionada como la de Madrid, y habría que repetir el proceso cada pocos meses.

Finalmente se optó por utilizar un recipiente de cocina de acero inoxidable, aprovechando que se encontró a bajo coste. El recipiente no era reflectante en origen, pero con un pulimento comercial se consigue darle la reflectividad necesaria. Hay que apuntar que la forma no es perfectamente semiesférica, pero para una aproximación es suficiente, teniendo en cuenta que queremos reducir al máximo el presupuesto de la instalación.



Bol de acero inoxidable

A posteriori, se encontró una pieza semiesférica de plástico a un coste asequible. Se intentó el plateado de la pieza para utilizarla de espejo esférico, pero el resultado del plateado no fue satisfactorio y no se disponía de material suficiente para poder realizarlo una segunda vez.

### 3.6.3 Software

Utilizaremos el software de código abierto Stellarium, que puede descargarse gratuitamente de <http://www.stellarium.org>. Stellarium es un programa de simulación celeste sencillo e intuitivo. Permite funciones básicas, como el cambio de lugar de observación, cambio de fecha y hora, mostrar objetos celestes, etc. Además, permite otras curiosidades como cambiar la cultura del cielo, situar el lugar de observación en otros planetas, simular lluvias de estrellas... Por estas características se convierte en un software ideal para la explicación del cielo e, incluso, de la historia de la astronomía.

Este software es gratuito y puede ejecutarse en cualquier sistema operativo o, al menos, los más habituales (MS Windows, Linux y MacOS, aunque hay que descargar una versión del programa para cada SO).

Los requisitos mínimos del sistema varían en cada sistema operativo, pero son suficientemente bajos para ser ejecutado en cualquier ordenador moderno.

Sin embargo, la característica que ha hecho que nos decidamos por este programa es que permite su configuración para utilizarlo con el montaje que estamos realizando, simplemente editando su fichero de configuración.

Abrimos el fichero de configuración config.ini y buscamos el siguiente texto:

```
spheric_mirror]
projector_gamma      = 1
projector_position_x = 0
projector_position_y = 1
projector_position_z = -0.2
mirror_position_x    = 0
mirror_position_y    = 2
mirror_position_z    = -0
mirror_radius        = 0.13
dome_radius          = 2.5
zenith_y             = 0.125
scaling_factor       = 0.8
```

Estos son los parámetros que tendremos que variar para ajustar la imagen. Los que aparecen anteriormente son los que utilizaremos como primera aproximación para ajustar la imagen en nuestro planetario. Los parámetros significan lo siguiente:

- Projector\_gamma: es un parámetro relativo al brillo del proyector.
- Projector\_position: son tres parámetros que indican la posición del proyector en relación a la cúpula
- Mirror\_position: tres parámetros que indican la posición del espejo en relación a la cúpula.
- Mirror\_radius: parámetro donde tenemos que colocar el radio del espejo que utilizaremos
- Dome\_radius: parámetro donde pondremos el radio de la cúpula.
- Zenith\_y: parámetro para ajustar la posición y del zenith de la proyección. Sirve para corregir la inclinación (tilt) del proyector
- Scaling\_factor: parámetro de zoom. Se utiliza para contrarrestar el zoom que puede introducir el proyector.

La mejor manera de calibrar estos parámetros es por el método de ensayo y error, probando distintas configuraciones. Si no se cambia el proyector y se deja fijo, este ajuste sólo hay que realizarlo una vez. Si se cambia el proyector o se cambia de posición, hay que reajustar las posiciones, los parámetros de proyección o ambas cosas.

#### 3.6.4 Montaje del sistema:

El primer paso es cortar las piezas que conformarán la cúpula. El material es sencillo de trabajar, y con un simple cutter se pueden cortar las piezas a medida para la cúpula. Para el corte se marcaron líneas sobre el cartón y, con una guía, se procedió al corte. Para cortar el cartón pluma es conveniente hacer 3 pasadas con el cutter, una para cortar la primera capa de papel, otra para cortar el foam y la tercera para cortar la segunda capa de papel. El corte fue sencillo y todas las piezas estuvieron cortadas en, aproximadamente, 4 horas.

Para la unión utilizamos cinta adhesiva suficientemente adherente. El cartón pluma es un material ligero y la cinta adhesiva nos permitirá sujetarlo fuertemente. La cinta que utilizamos es cinta de embalaje blanca. Fueron necesarios dos rollos, es decir, más de 70m de cinta.

Para la sujección de la cúpula se ha pensado en colocar unas baldas en la pared donde apoyar la cúpula, que también irá anclada a la pared y al techo, para evitar la deformación de la cúpula y para evitar desplazamientos indeseados, principalmente por motivos de seguridad. Este diseño del soporte utiliza la pared como elemento resistente, por lo que las uniones pueden quedar liberadas en parte de ese trabajo y no es necesaria una unión demasiado fuerte.

Actualmente la cúpula está soportada por dos planchas de cartón pluma como elemento provisional. Estas planchas son suficientemente resistentes para poder soportar el peso de la cúpula que rondará los 7 Kg. Estas planchas están clavadas a la pared para aumentar la resistencia del cartón pluma. De esta manera la cúpula queda perfectamente sujeta, y es necesario hacer mucha fuerza para descolocar la cúpula, provocando antes su rotura.

Se ha planteado la posibilidad de inclinar la cúpula para permitir una mejor visibilidad, pero si la inclinamos, el peso de la cúpula sobre uno de los laterales podría deformarla y alejarnos de la semiesfera. Durante el montaje, se tomó la decisión de no montar la cúpula entera, sino dejar algunas piezas sin colocar para permitir el paso por la escalera. Estas piezas ausentes aumentan las posiciones desde las que se ve la totalidad de la cúpula.

La forma más sencilla de montar la cúpula es construyendo primero los pseudo-pentágonos y pseudo-hexágonos y después uniéndolos entre sí en la manera adecuada. La cúpula deberá montarse en la sala entre cúpulas, puesto que su tamaño será demasiado grande para que entre por la puerta de acceso a la escalera. Para el montaje fueron necesarias 6 personas, debido al tamaño de la cúpula.



La cúpula una vez montada y colocada en su posición

El proyector y el espejo irán colocados en una estantería, a una altura inferior a la del borde inferior de la cúpula, para evitar sombras en la proyección.

Una vez instalado, se hacen pruebas en la configuración del archivo config.ini de stellarium hasta que estemos conformes con la imagen obtenida. El manejo del planetario se realizará desde un ordenador. En el Apéndice I aparecen los comandos para el manejo del programa. Es conveniente utilizar los comandos, puesto que el manejo con el ratón será complicado, debido a la distorsión de la imagen.

## 4 Panel informativo

### 4.1 Descripción:

Debido al avance de la astronomía en los últimos años y en los instrumentos que se emplean en esta ciencia, las noticias astronómicas son abundantes a diario. A menudo aparecen noticias impactantes o imágenes astronómicas llamativas, tanto por parte profesional como por el lado aficionado.

La mayor parte de esta información puede encontrarse en internet, y es difícil y ardua la tarea de colocar noticias con la frecuencia a la que aparecen. Por ello, un panel digital es una buena manera de dar a conocer esas noticias de mayor o menor relevancia, y de simplificar la tarea de actualizar el panel, puesto que se puede programar un ordenador para que actualice el tablón, en lugar de designar un encargado de imprimir las noticias y pincharlas con chinchetas.

También, en el mismo tablón, se puede proyectar la imagen del cielo en tiempo real, lo que puede hacerlo muy atractivo para las visitas a la facultad. Para ello se puede emplear el programa Stellarium

### 4.2 Materiales:

Para el panel, serán necesarios:

- Un ordenador. No es necesario un ordenador muy potente, ya que el software que utilizaremos no tiene grandes requisitos técnicos.
- Un proyector.
- Una pantalla de proyección (en este caso utilizaremos la pared)

### 4.3 Utilidad de un panel informativo.

La cantidad de noticias que aparecen es elevada, y no es sencillo recopilar todas y colocarlas en un panel informativo. Un panel informatizado, permitirá tener las noticias en tiempo real organizadas y resumidas, junto con algunas imágenes astronómicas impactantes que llaman la atención de cualquiera que pase por allí.

Un panel informativo al uso requiere de alguien que vaya poniendo las nuevas noticias y quitando las antiguas, manteniendo el tablón, etc. El tablón informatizado no requiere de nadie para funcionar (salvo mantenimiento del equipo informático, etc) y la actualización es permanente y automática.

Como complemento al planetario, podemos proyectar el horizonte sur en el tablón. Esto permitirá separar en grupos las visitas y descongestionar las paradas en las visitas guiadas a la facultad.

#### 4.4 Situación:

La colocación del panel debe ser un lugar visible a la gente, para que sea útil. Pero a la vez, debe estar situado cerca del Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera. La idea es proyectar sobre una pared, por lo que el lugar debe tener una pared suficientemente amplia para proyectar el panel.

El mejor lugar que cumple estos requisitos es el descansillo de la escalera entre la 3ª y 4ª plantas del módulo central, que dan acceso directamente a los pasillos del departamento. Dada la idoneidad del lugar escogido, no se planteó la posibilidad de otros lugares.

#### 4.5 Diseño:

El diseño es sencillo, puesto que se trata simplemente de un cañón apuntando a la pared mostrando el panel.

El panel se diseñará como una página web. Estas página web irá llamando sucesivamente a páginas web de noticias astronómicas. Se crearán varias páginas web con un código similar al siguiente:

```
<html>
<head>
<title>Panel Astronómico UCM</title>
</head>
<body scrolling="no" align="center">
<script>
var segundos=5
var direccion='panel2.html'
milisegundos=segundos*1000
window.setTimeout("window.location.replace(direccion);",milisegundos);
</script>
<iframe id="marco" name="marco" width="1430" height="1060" src="web" frameborder="0" scrolling="no">
</iframe>
</body>
</html>
```

Fijémonos en las secciones en rojo:

- var segundos=5 define los segundos que se mostrará la página web en la pantalla.
- Var direccion='panel2.html' llama a la siguiente sección del panel
- src="web" indica la página web que queremos que se muestre en pantalla

Hay que tener en cuenta que las páginas deben cumplir un ciclo, es decir, la última sección debe llamar a la primera. Para añadir más secciones hay que crear un archivo nuevo y editar el anterior. Para eliminar secciones hay que eliminar el archivo y editar los archivos oportunos.

Para mostrar una página web, hay que hacer uso de un navegador de internet. Utilizaremos Mozilla Firefox, puesto que es el navegador utilizable en cualquier sistema operativo más difundido, y es conocido por su estabilidad, su bajo consumo de recursos



y su estabilidad. Además, permite un modo de visualización a pantalla completa, idóneo para nuestros propósitos.

Instalaremos un accesorio para Firefox, conocido como Add-On. Este Add-On será *NoSquint*, que permite modificar el zoom de la página web para que entre por completo en el navegador.

## 4.6 Realización

### 4.6.1 Medidas:

Se realizó una prueba empírica para comprobar si la imagen proyectada cubre la totalidad de la pared. Los resultados fueron satisfactorios, pero las dimensiones de la pared no guardan la misma proporción que la imagen del proyector.

Sería interesante colocar el proyector a una altura tal que no esté al alcance de cualquiera.



Pruebas de proyección

### 4.6.2 Software:

El software será Firefox, en su última versión disponible. Para su utilización, habrá, simplemente que ejecutar el programa y abrir la página web diseñada para el panel y acceder al modo de pantalla completa pulsando la tecla F11

Puede ser necesario ajustar el tamaño de las páginas. Para ello hemos descargado el Add-On NoSquint. Probamos qué parámetro del zoom conviene utilizar para mostrar el panel lo mejor posible. El valor óptimo parece ser un zoom del 70%, pero hay que probarlo en el panel.

La modificación de las páginas web que aparecerán se hará editando el archivo .html con cualquier editor de texto y cambiando la dirección de la página web.

Las páginas que se han utilizado para hacer las pruebas del panel han sido las siguientes:

- APOD (Astronomical Picture Of the Day)
- LPOD (Lunar Picture Of the Day)
- Página web del departamento.
- NASA

#### 4.6.3 Montaje:

Como la distancia de entre las paredes es suficiente, el montaje se simplifica muchísimo. En caso de que no hubiera sido suficiente, habría sido necesario colocar espejos para aumentar la distancia y poder cubrir la mayor parte de la pared

El proyector se colgará del techo, con una jaula del estilo a la existente en las aulas para evitar la sustracción y la manipulación indeseada del mismo. Será necesario lanzar cables, tanto de alimentación como de datos. Colocando el proyector en la pared situada en frente de la pared en la que se va a proyectar, se aprovecha al máximo la zona de proyección.



Simulación de la proyección con Stellarium

## 5. Resultados y conclusiones

### 5.1 Planetario

- Se ha encontrado un lugar adecuado para la colocación de la cúpula. La escalera de acceso a la sala entre cúpulas ha sido una buena elección. La cúpula no obstruye la luz que entra por la ventana, puesto que habitualmente la persiana está cerrada, y la sala entre cúpulas dispone de luz suficiente.
- El diseño de la cúpula se ha hecho de manera satisfactoria. Una vez instalada se ha comprobado que las medidas obtenidas fueron las adecuadas. La cúpula se ajusta perfectamente al ancho de la zona. No hay muchos centímetros sobrantes (del orden de 1 cm por lado), y permite apoyarla en cartón pluma (dos planchas por lado), pegando las planchas a la pared
- El resultado obtenido con el cartón pluma es altamente satisfactorio, siendo un material barato, resistente y fácil de trabajar. Es difícil encontrar otro material que reúna estas tres características, que son básicas para la realización final del proyecto.
- La cúpula fue construida en el tiempo previsto. Una vez montada la cúpula los resultados fueron mejores de los esperados, generando mucha satisfacción en todos los que han visto la cúpula

### 5.2 Panel Informativo

- El panel se colocará en la escalera entre la 3ª y 4ª plantas, un lugar visible para todo el mundo.
- Se ha diseñado un sistema automatizado de proyección y actualización del panel. Además se ha procurado que sea sencillo de actualizar y de manejar para cualquiera, incluso sin conocimientos de programación.
- Se ha diseñado un sistema de proyección. Se ha comprobado que el sistema proyección da luz suficiente y que el campo abarcado es suficiente.

## 6. Trabajo futuro.

### 6.1. Planetario:

- Debido a problemas en el pulido del espejo, no se ha conseguido la reflectividad suficiente. Se mandará el espejo al taller de la facultad para conseguir la mayor reflectividad posible. Una vez que esté listo el espejo, habrá que colocar el espejo y el proyector en los lugares adecuados para la proyección.
- Uno de los problemas que se encontró a la hora de hacer las pruebas de proyección fue que la luz ambiental es elevada. Se intentó bajar las persianas de las ventanas de la sala entre cúpulas, pero las persianas de las ventanas que dan al Sur están averiadas. Sería interesante repararlas para disminuir la luz ambiental.
- Un posible problema es que el proyector no sea suficientemente potente para que la imagen proyectada sea visible claramente. Una vez solucionados los dos puntos anteriores, sería interesante comprobar este punto.
- Un posible trabajo futuro es el alisado de la cúpula para una mejor aproximación a la semiesfera. Puede hacerse con espuma de poliuretano, un material ligero y fácil de trabajar. Posteriormente deberá aplicarse imprimación y pintar para homogeneizar el color de la cúpula.
- El programa Stellarium permite configurar el horizonte y simular el horizonte visible desde el lugar de observación. Se pueden tomar imágenes desde la terraza de la facultad e introducirlas en el programa.

### 6.2 Panel Informativo:

- Puede situarse un terminal, tanto cerca del planetario y del panel (con pantalla táctil) para permitir mayor interactividad con los usuarios.
- Diseño y programación de una interfaz de configuración del panel. Básicamente consiste en acceder a los archivos .html y modificar la parte del archivo correspondiente a la página web.
- Instalación del proyector.

## 7. Apéndice I: Teclas de manejo de Stellarium

Category	Key	Description
Movement & object selection	Page up/down	Zoom in/out
	CTRL+up/down cursors	Zoom in/out
	Mouse wheel	Zoom in/out
	Left mouse button	Select object
	Right mouse button	De-select object
	Backslash (\)	Auto-zoom out
	Forward-slash (/)	Auto-zoom in on selected object
	Space	Centre on selected object
Display Options	Enter	Swap between equatorial and azimuthal mount
	F1	Toggle full-screen mode (not available on some architectures)
	c	Toggle drawing of constellations
	b	Toggle drawing of constellation boundaries
	v	Toggle drawing of constellation names
	r	Toggle drawing of constellation art
	d	Toggle star names
	n	Toggle nebulae names off / on (short) / on (long)
	e	Toggle drawing of RA/Dec grid
	z	Cycle through: show meridian line; show Alt/Azi grid; neither.
	p	Cycle through: no planet labels; planet labels; planet labels with orbits
	g	Toggle drawing of ground
	a	Toggle drawing of atmosphere
	f	Toggle drawing of horizon fog
	q	Toggle drawing of cardinal points (N, S, E, W)
	o	Toggle moon scaling (4x /1x)
	t	Toggle object tracking (moves the view to keep selected object in the centre)
	s	Toggle drawing of stars
	4 or ,	Cycle through: draw ecliptic; draw ecliptic & planet trails; draw neither
	5 or .	Toggle drawing of equator line
Windows & other controls	CTRL+s	Take a screenshot (will be written to stellarium*.bmp)
	CTRL+r	Toggle script recording
	CTRL+f	Toggle search window
	h	Toggle help window
	i	Toggle information window
	1 (digit one)	Toggle configuration window
	m	Toggle text menu

	ESC	Close any open windows (help, info, & configuration)
Time & Date	6	Time rate pause (or script pause when a script is running)
	7	Set time rate to zero (time stands still)
	8	Set time to current time
	j	Decrease time rate (or decrease script speed if a script is running)
	k	Set time rate to normal (1 second per second)
	l	Increase time rate (or increase script speed if a script is running)
	-	Move back in time 24 hours
	=	Move forward in time 24 hours
	[	Move back in time 7 days
	]	Move forward in time 7 days
Other	CTRL+c	Stop a running script
	CTRL+q	Quit Stellarium. (command+Q on the Mac)
	<	Volume down (only when a script is playing)
	>	Volume up (only when a script is playing)
	9	Cycle through meteor shower rates: low; medium; high; very high
	CTRL+SHIFT+h	toggle horizontal image flipping (see section 5.10)
	CTRL+SHIFT+v	toggle vertical image flipping (see section 5.10)
	CTRL+[num]	Make telescope [num] point at currently selected object (see section 5.9)

## 8. Referencias:

### Planetario

<http://www.e-planetarium.com>

<http://rickyspears.com/blog/2007/07/how-to-build-a-home-planetarium-with-cardboard/>

[http://simplydifferently.org/Geodesic\\_Dome\\_Notes?page=1](http://simplydifferently.org/Geodesic_Dome_Notes?page=1)

<http://pedaleando.blogspot.com/2007/11/ms-all-de-la-cpula-del-trueno.html>

<http://www.desertdomes.com/>

### Software:

<http://www.stellarium.org>

### Javascript:

<http://www.mozillaes.org/foros/viewtopic.php?f=13&t=22013>

<http://www.forosdelweb.com>

## 9. Agradecimientos:

- Al departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera y en especial a Jaime Zamorano, Jesús Gallego y Nicolás Cardiel por darme la oportunidad de hacer el trabajo dirigido y a Lucía García Sánchez-Carnerero por animarme a hacerlo.
- A Ricardo Padrino de la Torre por echarme una mano con los códigos de las páginas web.
- A Carlos Eugenio Tapia Ayuga por sus modelos informáticos.
- A todos los que me ayudastéis en el montaje de la cúpula en alguna de sus fases: Nicolas Cardiel López, Antón Ferré Pujol, Jesús Gallego Maestro, Aitor García Francisco, Alejandro Sánchez de Miguel, Carlos Eugenio Tapia Ayuga, Antonio Verdet y Jaime Zamorano Calvo.
- A los desarrolladores de Stellarium y Mozilla por hacer software gratuito.
- A Richard Buckminster-Fuller por haber inventado las cúpulas geodésicas.